

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 603 694 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(21) Anmeldenummer: **93120036.4**(51) Int. Cl.⁵: **F04D 19/04**(22) Anmeldetag: **11.12.93**(30) Priorität: **24.12.92 DE 4244191**
17.09.93 DE 4331589(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.06.94 Patentblatt 94/26(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE(71) Anmelder: **BALZERS-PFEIFFER GmbH**
Postfach 12 80,
Emmeliusstrasse 33
D-35609 Asslar(DE)(72) Erfinder: **Conrad, Armin**
Zim Roten Stein 10
D-35745 Herborn(DE)
Erfinder: **Gangschow, Otto, Dr.**
Kardinal von Galen-Strasse 46
D-50354 Hürth(DE)(54) **Vakuumpumpsystem.**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Vakuumpumpsystem für mehrstufige Gaseinlaßsysteme. Das Pumpsystem besteht aus einer Turbomolekularpumpe (5) und einer oder mehreren nachgeschalteten Pumpstufen (6), deren Rotoren sich mit dem Rotor der Turbomolekularpumpe auf einer Welle befinden. Eine weitere, gegen Atmosphärendruck ausstoßende, trockene Pumpe (8) wird in Intervallen betrieben. Zwischen den Pumpstufen befinden sich Sauganschlüsse (9). Der Intervallbetrieb der gegen Atmosphäre ausstoßenden Pumpe wird in Abhängigkeit von Strom oder Leistung des Antriebsmotors der ersten Pumpeinheit (4) gesteuert.

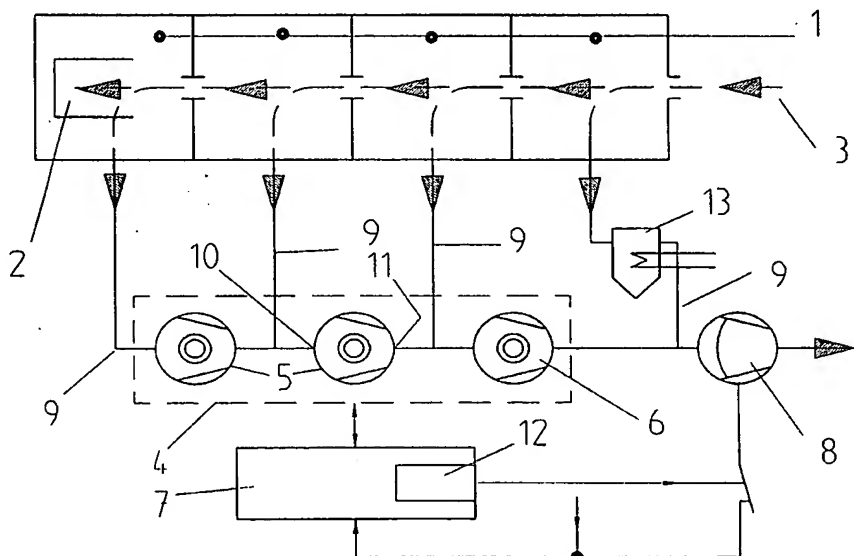


Abb. 1

EP 0 603 694 A1

Die Erfindung betrifft ein Vakuum-Pumpsystem nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruches.

Zur Gasanalyse müssen die zu untersuchenden Substanzen, welche gasförmig oder in Form von Flüssigkeiten vorliegen, in einen für das Analysegerät spezifischen, gasförmigen Zustand gebracht werden. Dies geschieht in der Regel in einem System von miteinander verbundenen Vakuumkammern. In diesen wird die Substanz, welche entweder schon in gasförmigem Zustand eingelassen wird oder als Flüssigkeit durch entsprechenden Druck oder mit anderem Verfahren in den gasförmigen Zustand gebracht wird, in verschiedenen Stufen auf den Arbeitsdruck des Analysegerätes reduziert. Das System von Vakuumkammern besteht aus mehreren Zwischenstufen, die durch Blenden voneinander getrennt sind. In den einzelnen Kammern herrschen unterschiedliche - durch das Analyseverfahren vorgegebene - Drücke.

Bei herkömmlichen Systemen werden die Vakuumkammern jeweils einzeln mit Vakuumpumpen oder Pumpsystemen versehen, welche den erforderlichen Druck und das Saugvermögen bereitstellen. In der Regel sind dazu Pumpen verschiedener Wirkungsweise und mit verschiedener Antriebsart notwendig. In niederen Druckbereichen werden Pumpkombinationen benötigt (z.B. Turbomolekularpumpen mit Vorpumpen). Solche Anlagen sind sehr aufwendig. Sie haben einen großen Platzbedarf und ziehen hohe Kosten nach sich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein effektiv arbeitendes Vakuumpumpsystem für Gasanalysesysteme vorzustellen, welches weniger aufwendig ist, geringere Kosten verursacht und weniger Platzbedarf erfordert.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des ersten Patentanspruches gelöst. Die Ansprüche 2 - 12 stellen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung dar.

Der Arbeitsdruck von Turbomolekularpumpen ist nach höheren Drücken hin begrenzt, da sie nur im molekularen Strömungsgebiet voll wirksam sind. Daher arbeiten sie nur in Kombination mit Vorvakuumpumpen. Diese sind in der Regel zweistufige Drehschieberpumpen. In den letzten Jahren ist es gelungen, den Arbeitsbereich von Turbomolekularpumpen nach höheren Drücken hin zu erweitern, indem man im Anschluß an die Turbomolekularpumpe z.B. eine Molekularpumpe nach Art einer Holweck-Pumpe anbringt. Dadurch wird es möglich, den Aufwand zur Erzeugung des Vorvakuums nach Pumpengröße und Enddruck zu verringern. Insbesondere bietet sich die Möglichkeit, ölgedichtete Vorvakuumpumpen durch trockene Pumpen, z.B. Membranpumpen, zu ersetzen. Diese haben sich besonders dort bewährt, wo ein ölfreies Vakuum gefordert wird.

Durch den Einsatz von kompakten Pumpsystemen, etwa nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruches, ergeben sich neue Aufgabenstellungen. Das Problem der Dimensionierung von Druckverhältnissen und Saugvermögen, welche für die einzelnen Vakuumkammern erforderlich sind, konnte durch den Einsatz von separaten Pumpen für die jeweilige Vakuumkammer individuell gelöst werden. Durch den Einsatz eines Kompakt-Pumpsystems ist dies nicht mehr möglich. Hier muß durch exakte Dimensionierung und Anordnung der Sauganschlüsse erreicht werden, daß Rückwirkungen zwischen Eingang und Ausgang der einzelnen Pumpstufen soweit vermindert werden, daß die Funktion der einzelnen Stufen des Gaseinlaßsystems nicht beeinträchtigt wird. Dies wird durch die Dimensionierung entsprechend dem kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruches gelöst.

Die Sauganschlüsse werden mit Anschlußflanschen über ein Leitungssystem verbunden. Um die Verbindungen zwischen den einzelnen Vakuumkammern und den Anschlußflanschen leicht herzustellen, können diese zum Beispiel in einer Ebene mit dem Hochvakuumflansch angeordnet werden. Auch eine rechtwinklige Anordnung an Oberseite und Seitenflächen eines beispielsweise quaderförmigen Pumpengehäuses ist möglich.

Der Vergleich verschiedener Molekularpumpstufen ergab, daß eine Holweckpumpe - besonders für hohe Gasdurchsätze - deutliche Vorteile gegenüber anderen Bauarten u.a. in Bezug auf die vakuumtechnischen Daten in Verbindung mit den geometrischen Abmessungen aufweist.

Zur weiteren Ausgestaltung der Erfindung und zur Dimensionierung und Positionierung der verschiedenen Bauteile insbesondere der Pumpstufen werden mit Hilfe des folgenden Formalismus die Drücke zwischen den einzelnen Pumpstufen und deren Kompressionsverhältnisse mittels der Gaslasten und Übergangsleitwerte zwischen den Kammern berechnet. Daraus ergeben sich die Pumpenkenndaten, die nach an sich bekannten Verfahren die Auslegung der Pumpe erlauben.

$$(2) \quad \begin{pmatrix} Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} P_2 \cdot C_{23} \\ P_3 \cdot C_{34} \\ P_4 \cdot C_{45} \end{pmatrix} \quad (3) \quad P_2 \approx \frac{Q_1}{S_2}$$

Die Kombination von Gl. (1) und (2) erlaubt die Berechnung der Druckverhältnisse K_{23} , K_{34} und K_{45} zwischen den Kammern bei gegebenen Leitwerten $C_{i, i+1}$ des zu pumpenden Systems. Zusammen mit den für die Funktion des Systems notwendigen Drücken p_i und den daraus errechneten Saugvermögen ergeben sich die für den Entwurf der einzelnen Stufen der Pumpe notwendigen Vorgaben.

$$(4) \quad K_{23} = S_3 / C_{23}$$

$$(5) \quad K_{34} = \frac{S_4 / C_{34}}{1 + \frac{S_4 / C_{34}}{K_{034}} \cdot \frac{S_3}{S_{3i}}}$$

$$(6) \quad K_{45} = \frac{S_5 / C_{45}}{1 + \frac{K_{34}}{K_{035}} \cdot \frac{S_5}{C_{45}} \cdot \left[\frac{S_3}{S_{3i}} + \frac{C_{34}}{S_{4i}} \cdot K_{034} \right]}$$

Mit den Gleichungen (3), (4), (5) und (6) liegen nun alle Kammerdrücke P_{2-5} fest.

Aus diesem Formalismus ergeben sich Anleitungen zur optimalen Gestaltung und Dimensionierung des Pumpsystems in Bezug auf die vakuumtechnischen Daten. Beispielsweise wird - wie aus Gleichung (5) ersichtlich - das Druckverhältnis K_{34} , welches sich in Betrieb zwischen den Kammern 3 und 4 einstellt, u.a. durch die Größe K_{034} bestimmt. Diese Größe kann durch konstruktive Maßnahmen beeinflusst werden. Um das Druckverhältnis K_{34} groß zu machen, muß auch K_{034} möglichst groß sein. Dies wird erreicht, indem man entsprechend der Lehre des Anspruchs 4 die Kanaltiefe der Holweckstufe in Höhe des entsprechenden Sauganschlusses derart gestaltet, daß die Rückströmung entgegen der Pumprichtung stark vermindert wird. Dazu wird die Kanaltiefe an der Stelle des Sauganschlusses reduziert. Da die Holweckstufe aber an ihrer Eingangsseite ein ausreichend hohes Saugvermögen aufweisen muß, um die von der letzten Pumpstufe der Turbomolekularpumpe geförderte Gasmenge aufnehmen zu können, muß an dieser Stelle eine entsprechend große Kanaltiefe vorhanden sein. Daraus ergibt sich, daß sich die Kanaltiefe von der Stelle des Sauganschlusses entgegen der Pumprichtung bis zur Eingangsseite hin kontinuierlich oder stufenweise vergrößert. Durch Variation der Kanaltiefe können Druckniveaus an anderen Stellen des Pumpsystems gesteuert werden.

An der Stelle des Sauganschlusses muß die Holweckstufe zusätzlich Gasmengen aufnehmen. Um das Saugvermögen in Pumprichtung an die größere Gasmenge anzupassen, muß die Kanaltiefe von dieser Stelle an in Pumprichtung wieder vergrößert werden.

Die in den Ansprüchen 6 und 7 angeführten Maßnahmen dienen der Erhöhung der Leitwerte C_3 bis C_5 und damit einer Verbesserung der Saugvermögen S_2 bis S_5 , was wiederum als Ergebnis des obigen Formalismus zu einer Erhöhung der Druckverhältnisse K_{23} , K_{34} und K_{45} führt.

Wie oben bereits erwähnt, ist es in bestimmten Anwendungen sinnvoll, die gegen Atmosphärendruck ausstoßende Pumpe als Membranpumpe auszubilden.

Membranpumpen haben jedoch den Nachteil, daß ihre Lebensdauer durch die ständige elastische Verformung der den Schöpfraum abdichtenden Membranen begrenzt ist. Um jedoch die Vorteile der Membranpumpe auch bei Vakuumsystemen zu nutzen, deren Betriebsdauer über der Lebensdauer von Membranpumpen liegt, ist es sinnvoll, diese in Intervallen zu betreiben, wie in Anspruch 8 dargelegt.

Dabei ist jedoch darauf zu achten, daß Druckschwankungen, die durch den Intervallbetrieb auftreten, die Funktionsweise des Gesamtsystems nicht beeinträchtigen. Dazu muß die Pumpstufe, an deren Ausgang die Membranpumpe angeschlossen ist, wie in Anspruch 9 ausgedrückt, ein ausreichend hohes Druckverhältnis aufweisen.

Die Steuerung des Intervallbetriebes, d.h. das Ein- und Abschalten der Membranpumpe, muß in Abhängigkeit des Vorvakuumdruckes geschehen. Ein Maß für den Vorvakuumdruck ist in bestimmten Grenzen die Strom- bzw. Leistungsaufnahme der Turbomolekularpumpe. Dadurch ergibt sich eine elegante Methode zur Steuerung, da über die Antriebselektronik diese Größen leicht zugänglich sind.

Für eine Pumpstufe, welche gegen Atmosphäre ausstößt, ist die Membranpumpe als Beispiel genannt. Die Erfindung bezieht sich jedoch auch auf jede Art einer trockenen Vorpumpe.

Zur Vermeidung von kondensierten Anteilen im Pumpsystem sind Absorptions- und/oder Kondensationsmittel zwischen den Pumpstufen und den Stufen des Gasanalyse-Systems vorgesehen.

An Hand der Abbildung soll die Erfindung am Beispiel eines 4-stufigen Gaseinlaßsystems näher erläutert werden.

Die Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung des Pumpsystems in Verbindung mit einem Gaseinlaßsystem.

Die Abb. 2 zeigt das Beispiel einer praktischen Ausführungsform der ersten Pumpeinheit 4.

Die Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus Abb. 2 an der Stelle, an welcher der Saugstutzen in die Holweckpumpe mündet.

Ein aus mehreren Kammern 1 bestehendes Gaseinlaßsystem für ein Gasanalysegerät 2 mit einem Gaseinlaß 3 wird durch ein Vakuumpumpensystem evakuiert. Das Vakuumpumpensystem besteht in diesem Beispiel aus einer ersten Pumpeinheit 4. Diese Pumpeinheit setzt sich zusammen aus einer mehrstufigen Turbomolekularpumpe 5 und aus einer Molekularpumpe 6, z.B. einer solchen der Bauart nach Holweck. Die einzelnen Stufen dieser Pumpeinheit sind insofern miteinander verbunden, als sie sich in einem gemeinsamen Gehäuse befinden, und die Rotoren auf einer gemeinsamen Welle montiert sind. Dadurch ist es möglich, diese gesamte erste Pumpeinheit mit einem gemeinsamen Motor zu betreiben, welcher durch eine Antriebselektronik 7 angetrieben wird.

Weiterhin ist eine gegen Atmosphäre ausstoßende, trockene Vakuumpumpe 8 mit Steuereinheit 12 vorhanden. Diese Steuereinheit ist in die Antriebselektronik 7 für die erste Pumpeinheit 4 integriert. Zwischen den einzelnen Stufen der Pumpeinheit 4 und zwischen dem ersten Pumpsystem und der gegen Atmosphäre ausstoßenden Pumpe 8 sind Sauganschlüsse 9 angebracht. Am Beispiel der mittleren Stufe der ersten Pumpeinheit wird das Einlaßdruckniveau an der Stelle 10 und das Auslaßdruckniveau an der Stelle 11 definiert. Mit 13 ist eine Sorptions- oder Kondensationseinrichtung bezeichnet, welche sich zwischen einer Pumpstufe und einer Stufe des Gasanalyse-Systems befindet.

In Abb. 2 ist die Pumpeinheit 4 als Kombination einer 2-stufigen Turbomolekularpumpe 5a, 5b und einer Holweckpumpe 6 dargestellt. Die Sauganschlüsse 9 sind mit Anschlußflanschen 15, 16, 17 verbunden, welche in der gleichen Ebene angeordnet sind wie der Hochvakuumflansch 14. Zur Erhöhung der Leitwerte und somit der Saugvermögen an den Stellen der Sauganschlüsse 9 sind Ringkanäle 18 vorgesehen, welche eine offene Verbindung zwischen den Sauganschlüssen und dem Pumpenraum herstellen.

In Abb. 3 ist ein Ausschnitt aus der nachgeschalteten Pumpstufe 6, welche als Holweckpumpe ausgebildet ist, dargestellt. Der Ausschnitt zeigt die Stelle, an welcher einer der Sauganschlüsse 9 in den Kanal 19 der Holweckpumpe mündet. Der rotierende Teil ist mit 20 bezeichnet. Die Pumprichtung ist mit Pfeilen angedeutet. An der Stelle, an der der Sauganschluß 9 in den Kanal 19 der Holweckpumpe mündet, ist dieser in entgegengesetzter Pumprichtung in seiner Tiefe reduziert, um dann zur Eingangsseite 21 hin wieder größer zu werden. Vom Sauganschluß in Pumprichtung ist die Kanaltiefe größer als in entgegengesetzter Richtung.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpensystem für ein mehrstufiges Gaseinlaßsystem (1), bestehend aus einer mehrstufigen Turbomolekularpumpe (5) mit Rotor- und Statorscheiben mit einer oder mehreren in Richtung Vorvakuumseite nachgeschalteten Pumpstufen (6), deren Rotoren sich auf der gleichen Welle befinden wie der Rotor der Turbomolekularpumpe und so eine erste Pumpeinheit bilden und mit einer weiteren gegen Atmosphärendruck ausstoßenden, trockenen Pumpstufe (8), dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den einzelnen Stufen Sauganschlüsse (9) vorgesehen sind, die in Bezug auf die Druckverhältnisse und Saugvermögen der einzelnen Pumpstufen so dimensioniert und angeordnet sind, daß Rückströmungen von der Stelle (11) des Auslaßdruckniveaus zu der Stelle (10) des Einlaßdruckniveaus innerhalb einer Pumpstufe klein sind gegenüber dem Gasstrom zwischen denjenigen Vakuumkammern, welche mit der Stelle des Auslaßniveaus und der des Einlaßniveaus verbunden sind.
2. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauganschlüsse (9) mit Anschlußflanschen (15, 16, 17) verbunden sind, welche in der gleichen Ebene angeordnet sind wie der Hochvakuumanschluß (14).
3. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauganschlüsse (9) mit Anschlußflanschen (15, 16, 17) verbunden sind, welche rechtwinklig zu dem Hochvakuumflansch (14) angeordnet sind.
4. Vakuumpumpensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die nachgeschaltete Pumpstufe (6) eine Molekularpumpe nach der Art einer Holweckpumpe ist.
5. Vakuumpumpensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die nachgeschaltete Pumpstufe (6) eine Molekularpumpe nach der Art von Gaede ist.
6. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Profil der Holweckpumpstufe in Höhe des Sauganschlusses so ausgebildet ist, daß die Kanaltiefe (19) in Richtung zur Seite niedrigeren Druckes hin reduziert ist und sich dann zur Eingangsseite (21) der Pumpstufe hin wieder soweit vergrößert, daß die Gasmenge der vorhergehenden Stufe aufgenommen werden kann.
7. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaltiefe von der Stelle des Sauganschlusses an in Pumprichtung größer ist als in entgegengesetzter Richtung.
8. Vakuumpumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Stelle des Sauganschlusses, welcher zwischen den beiden Stufen (5a und 5b) der Turbomolekularpumpe sich befindet, feststehende Leitschaufeln angebracht sind, welche so gestaltet sind, daß sie den Gasstrom in die Richtung der Pumpkanäle der Turbomolekularpumpe lenken.
9. Vakuumpumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse an einer oder mehreren Stellen in Höhe der Sauganschlüsse von einem Ringkanal (18) umgeben ist, welcher eine offene Verbindung zwischen dem Pumpenraum und dem Sauganschluß herstellt.
10. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gegen Atmosphärendruck ausstoßende Pumpstufe (8) in Intervallen betrieben wird.
11. Vakuumpumpensystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstufe, welche an die gegen Atmosphärendruck ausstoßende Pumpstufe angrenzt, so gewählt wird, daß die Druckschwankungen, welche in Folge des Intervallbetriebes der letzteren auftreten, unter einer für das Gasanalyse-system spezifischen Grenze bleiben.
12. Vakuumpumpensystem nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die gegen Atmosphärendruck ausstoßende Pumpe bei Überschreiten eines vorgewählten Wertes des Stromes oder der Leistung des Antriebsmotors der ersten Pumpeinheit (4) eingeschaltet und bei Unterschreiten eines zweiten vorgewählten Wertes abgeschaltet wird.

EP 0 603 694 A1

13. Vakuumpumpsystem nach einem der Ansprüche 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (12) für den Intervallbetrieb Bestandteil der Antriebselektronik (7) der ersten Pump-
einheit (4) ist.

5 14. Vakuumpumpsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu
pumpenden Gasströme durch Sorptions- und/oder Kondensationseinrichtungen (13), welche an einer
oder mehreren Stellen zwischen Pumpstufen und Stufen des Gasanalysesystems sich befinden, von
kondensierten Anteilen befreit werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

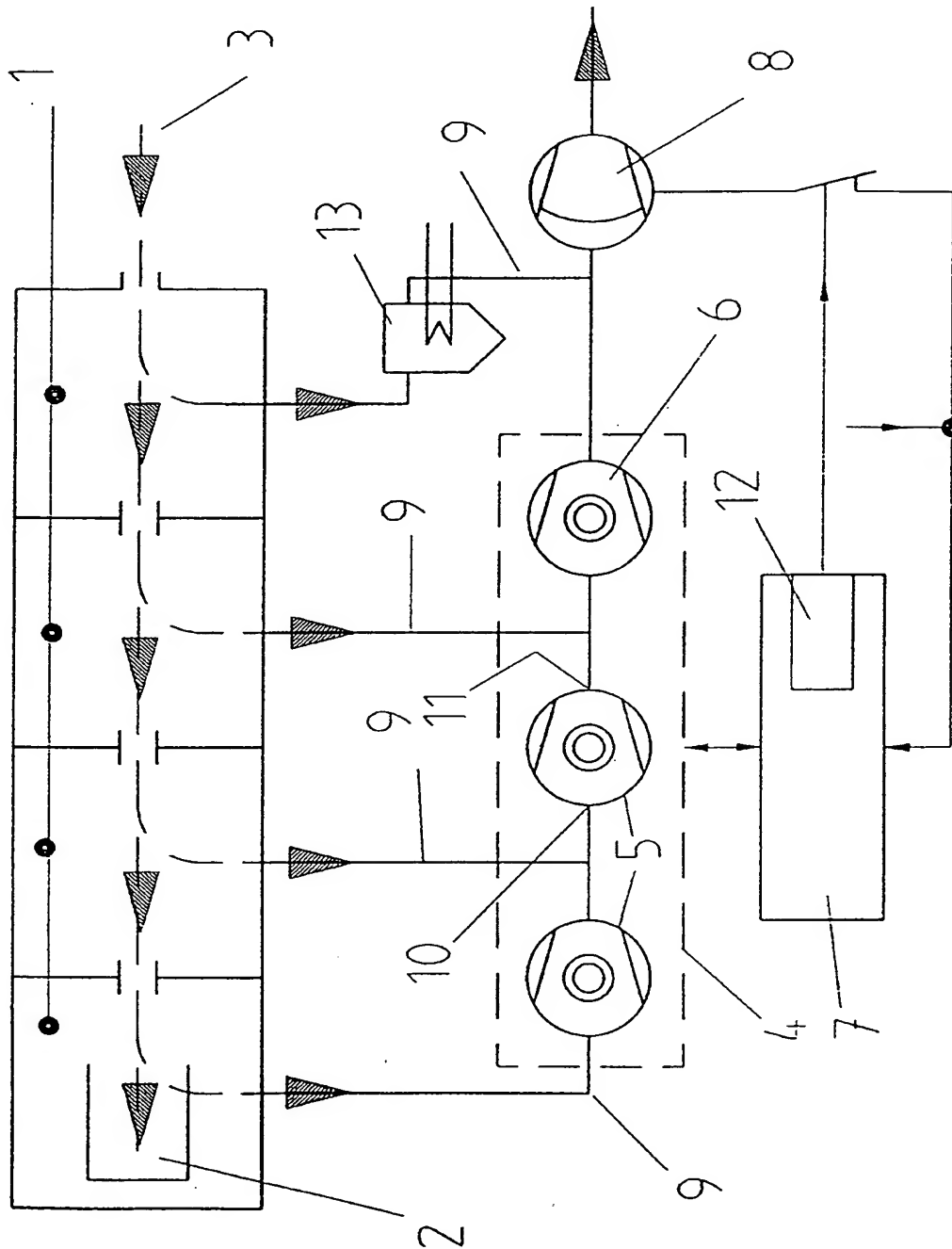


Abb. 1

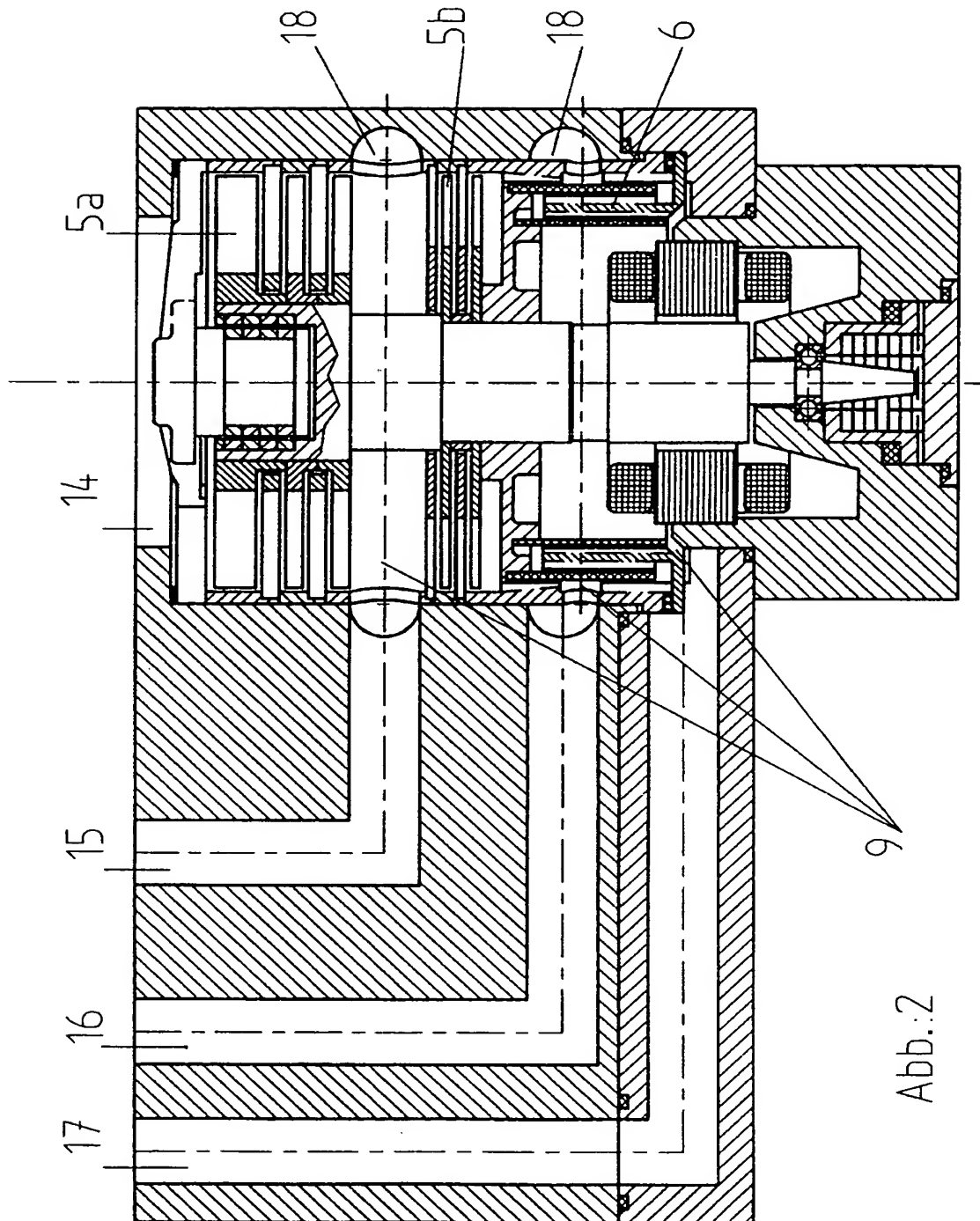


Abb.:2

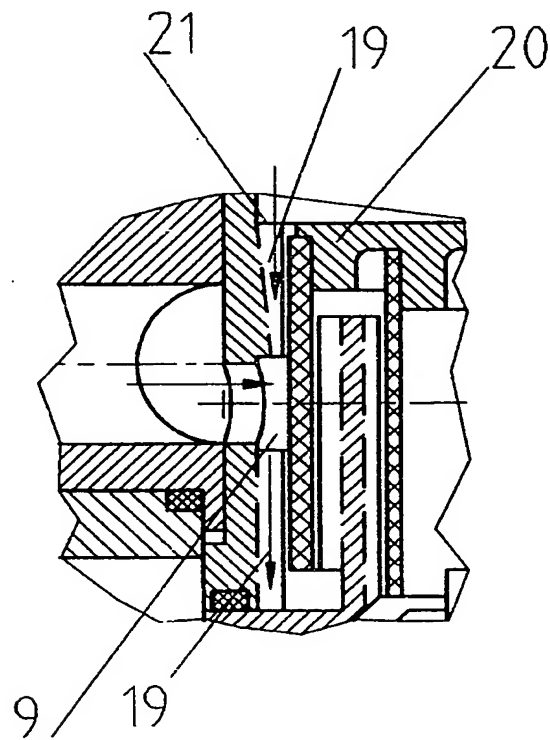


Abb.:3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 12 0036

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
A	EP-A-0 344 345 (LEYBOLD) * das ganze Dokument * ---	1,3,4	F04D19/04
A	FR-A-2 236 545 (BALZERS PATENT- UND BETEILIGUNGS AKTIENGESellschaft) * das ganze Dokument * ---	1,5	
A	US-A-3 536 418 (BREAUX) * das ganze Dokument * ---	1,3,14	
A	EP-A-0 397 051 (EBARA) ---		
A	DE-A-20 49 117 (SARGENT-WELCH SCIENTIFIC CO.) ---		
A	EP-A-0 472 933 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 11. Februar 1994	Prüfer Teerling, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mchtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			